

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR05/000400

International filing date: 14 February 2005 (14.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR

Number: 10-2004-0009869

Filing date: 14 February 2004 (14.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 May 2005 (17.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office

출 원 번 호 : 특허출원 2004년 제 0009869 호
Application Number 10-2004-0009869

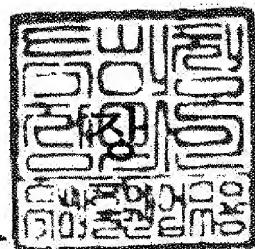
출 원 일 자 : 2004년 02월 14일
Date of Application FEB 14, 2004

출 원 인 : 한국터보기계(주)
Applicant(s) KOREA TURBOMACHINE INC.

2005 년 04 월 07 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2004.02.14
【국제특허분류】	F16N
【발명의 국문명칭】	래디얼 포일 베어링
【발명의 영문명칭】	Radial Foil Bearing
【출원인】	
【명칭】	한국터보기계(주)
【출원인코드】	1-2001-000645-8
【발명자】	
【성명】	이현석
【출원인코드】	4-1998-051943-1
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정 에 의한 출원심사를 청구합니다. 출원인 한국터보기계(주) (인)
【수수료】	
【기본출원료】	14 면 38,000 원
【가산출원료】	0 면 0 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	2 항 173,000 원
【합계】	211,000 원
【감면사유】	소기업(70%감면)
【감면후 수수료】	63,300 원

【첨부서류】

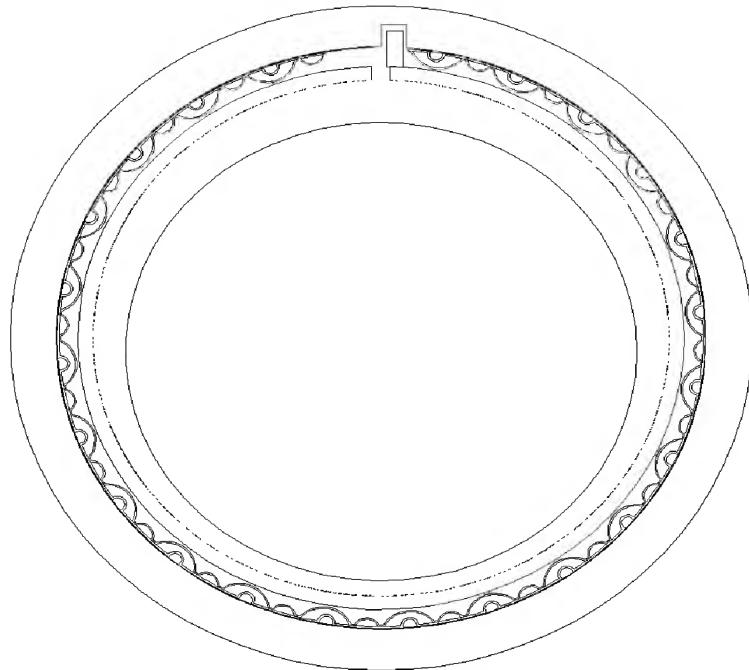
1. 요약서 · 명세서(도면)_1통 2. 소기업임을 증명하는 서류_
1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 고속 회전축을 지지하는 고강성 래디알포일베어링을 제공한다.

【대표도】



【색인어】

포일베어링, 동압베어링, 공기베어링

【명세서】

【발명의 명칭】

래디알 포일 베어링 {Radial Foil Bearing}

【도면의 간단한 설명】

- <1> 제1도 : 래디알 포일베어링의 종래 형태 1 (리프타입, Leaf Type)
- <2> 제2도 : 래디알 포일베어링의 종래 형태 2 (범프타입, Bump Type)
- <3> 제3도 : 새로운 포일베어링 형태
- <4> 제4도 : 새로운 포일베어링의 상세 그림

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <5> 베어링은 크게 구름베어링(볼 또는 롤러 사용), 무급유베어링(유활성 있는 재료를 사용하여 마찰하며 동작), 미끄럼베어링(오일 사용), 기체베어링, 자기베어링(자기력을 이용하여 무접촉 동작)으로 나뉘어 진다. 미끄럼베어링은 동압과 정압으로 구별되며, 동압 미끄럼베어링은 상대미끄럼 운동에 의하여 오일이 압력을 발생하여 축을 지지하며, 정압 미끄럼 베어링은 베어링 외부에서 고압의 오일을 공급함으로써 축을 지지한다. 기체베어링은 기름대신 기체가 사용되는 것을 제외하고는 미끄럼베어링과 동일한 원리로 동작한다. 외부에서 가압기체를 넣어주면 정압 기체베어링이며, 상대미끄럼 운동에 의하여 압력이 발생하면 동압 기체베어링이다.

<6> 동압기체베어링은 적은 마찰손실과 액체윤활유의 불필요성 등의 이유로 고속회전응용분야에 널리 사용되고 있으며, 특히 구름베어링으로 지지하기 어려운 초고속분야와 액체 윤활류를 사용하기 어려운 곳에 주로 사용되어지고 있다. 동압기체베어링은 홈붙이 베어링, 틸팅패드베어링, 포일베어링으로 나뉘어 지며, 홈붙이 베어링은 홈을 설치하여 압력을 발생시키는 구조이며, 스파이럴 홈붙이 베어링이 대표적인 예이다. 동압 유체 필름 틸트 패드 베어링(Hydrodynamic fluid-film tilt pad bearing)은 사용조건이 매우 제한적이기 때문에 그 조건을 넘어서면 파손될 위험이 커지게 되는 단점이 있다. 예를 들어 설계조건 이상 또는 이하의 조건에서 강성이 급격히 저하하기 때문에 이 베어링은 충격과 축의 비정렬(misalignment)과 열변형에 매우 취약하다. 이에 비해 컴플라이언트 동압 유체필름베어링(Compliant hydrodynamic fluid-film bearing)이라고 불리는 포일베어링은 고정형태의 틸트패드베어링에 비하여 확연하게 높은 성능을 제공하며, 최근 20년간 비약적인 발전을 하여왔으며, 항공기 공기조화장치에서 충분한 내구성과 안정정이 확인된 바 있으며, 특히 10만 RPM이 넘는 초고속회전의 극저온용 터보압축기와 같은 고속회전 기계에 사용되고 있다. 이 베어링은 약간의 액체가 섞여 있는 상황에서도 사용이 가능하며, 유연성과 저가격화의 가능성이 장점이다. 항공에서의 포일베어링은 1970년부터 환경조절장치(ECS)에서 캐빈내의 압력과 온도를 조절하는 핵심구성품인 ACM(Air Cooling Machine)에 주로 사용되고 있으며, 가장 적절한 사용 예라고 볼 수 있다. 이 용용에서 포일베어링은 오일시스템이 없으므로 캐빈내부를 오염시키지 않고, 정해진 정비일정 없이 볼베어링에 비하여 충분히 긴 시간의 안정적 동작을

가능하게 하였다. 그리고 베어링의 파손시에도 터보구성품의 파손이 거의 없는 장점을 제공하며, 보잉747에 사용된 포일베어링은 수리없이 10만시간이상의 동작을 하고 있다.

<7> 포일베어링은 크게 두가지로 나뉘어진다. 도1과 같이 낱개의 날개형태의 포일을 회전방향으로 일부 겹쳐 배치하고 축을 지지하는 리프타입(Leaf Type)과, 도 2와 같이 전체를 하나의 포일로 하고 포일 외부에 여러 가지 형태로 포일을 지지하는 스프링(Spring)을 배치하는 범프타입(Bump Type)으로 나뉘어진다. 리프타입은 지지하중이 작고 외부충격이 적은 경우에 적용이 가능하며 기동토크가 큰 단점을 가지고 있다. 이에 비하여 범프타입은 기동시의 부하가 작으며, 내구성 및 강성이 우수하다고 알려져 있으나, 설계와 생산이 까다로우며 특히 안정성을 확보하는 것이 어려워 세계적으로 2-3군데 정도 밖에 기술을 보유하고 있지 못한 형편이다. 베어링 하우징(Bearing Housing) 안쪽에 스프링역할을 하는 범프(Bump Foil)가 베어링 하우징(Bearing Housing)에 용접되어 있고, 그 안쪽에 실질적으로 축(Shaft, Journal)과 맞닿는 탑포일(Top Foil)이 베어링 하우징(Bearing Housing)에 용접되어 있다. 축이 회전하여 공기를 끌고 지나가면 탑포일과 범프가 변형되며, 하중을 지지하는 유체필름을 형성하기 위한 공간을 생성하게 된다. 포일베어링에서 유체필름을 발생시키기 위한 기하학적형상은 탑포일의 탄성변형에 의해서 제공된다. 회전수가 높아질 수록 탑포일과 범프는 바깥쪽으로 밀려나가게 되며 축이 중심에서 벗어나게 되면 쐐기모양(Converging Wedge)의 공간이 형상된다. 이 때 포일베어링에서는 탑포일이 변형되는 특징을 가지고 있으므로 설계를 잘하여 미세한 탑포일의 변형에 의

하여 복잡한 기계가공없이 적절한 동압이 발생되는 최적의 형태를 얻을 수 있게 된다. 또한 반경방향의 여유가 생기므로, 고속회전에 따른 축직경의 증가에 대응할 수 있게 되는 장점을 얻을 수 있다. 이러한 특성을 결정 짓는 것은 탑포일의 두께와 탑포일을 지지하는 범프의 형상이다. 특히 범프의 설계에 따라 축계가 필요로 하는 강성과 댐핑(Damping)을 제공하는 것이 결정되어 지므로, 범프의 형태, 두께, 높이, 피치, 개수 등이 베어링의 성능을 결정짓는 가장 중요한 인자가 되는 것이다.

<8> 더 나아가 군사용 베어링은 더욱 고속과 열악한 환경 및 충격에 견디는 성능을 요구하고 있으며, 고속 고출력 고효율 BLDC 모터에서는 일반적인 오일윤활 베어링으로는 요구성능을 제공할 수 없는 상황이다. 또한 구조적으로 충분한 비정렬과 열, 진동을 견디어 낼 수 있어야 하며 이를 위해 최대의 지지력을 얻기 위해서 범프를 축방향으로 분리하고 회전방향으로 분리하는 것이 유리하다고 알려져 있다.

<9> 미국내에 출원된 관련 특허는 다음과 같다. 4,300,806 ; 5,915,841; 5,988,885; 4,465,384; 5,498,083; 5,584,582; 6,024,491; 6,190,048 B1; 4,624,583; 3,893,733; 3,809,443; 4,178,046; 4,654,939; 4,005,914; 5,911,511; 5,534,723; 5,427,455; 5,866,518

<10> 원리에 대한 것이 이미 1970년대에 기본 특허가 출원되어 만료되었고, 범프와 탑포일에 대한 변경에 의하여 성능을 향상시키고자 노력해 왔음을 알 수 있다. 또한 5,866,518에는 고온에 적용가능하며 부착성이 우수한 금속성 건식윤활제를 개발하기 위하여 많은 노력을 하여 왔음을 알 수 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<11> 본 발명은 범프타입 포일베어링에 관한 것으로 그 성능을 더욱 향상시키고 생상성을 향상시키는데에 목적이 있다. 성능이라함은 지지 능력과 안정성을 의미하는 것으로 지지 능력이 우수하여도 안정성이 없으면 사용이 불가능하며, 안정성이 있어도 지지 능력이 작으면 실제 사용하기 어렵게 된다. 도1과 도2에 도시된 것이 지금까지 사용되어 지고 있는 대표적인 형태의 베어링으로써, 범프타입의 지지력이 리프타입에 비하여 2배이상 우수한 것으로 알려져 있으나, 안정성이 확보되지 못하는 어려움이 있어 개발 난이도가 매우 높다고 할 수 있다.

<12> 본발명에서는 지지력이 우수한 범프타입의 안정성을 확보할 수 있는 방법을 제시하여 실제 적용이 가능한 베어링을 제공하고자 한다. 또한 생산에 있어서 조립시의 정밀도가 문제가 되어 생산속도가 저하되는 문제를 가지고 있으며, 고온(400C 이하)에서 냉각을 충분히 해야만 하는 구조적인 어려움이 있어 냉각에 의하여 시스템효율이 떨어지는 단점이 있으며, 초고온(800C 이하)에서는 금속성 윤활재를 사용해야 하는데 이를 축에 적용함으로써 밀착력이 우수한 소재를 개발해야 하는 제한을 가지게 되어 윤활재의 특성에 한계를 지니게 되며 코팅에 비용이 많이 발생하게 된다.

<13> 따라서 본 발명의 기술적 과제는 생산성을 좋게 하면서도 하중지지능력을 향상시키고 넓은 안정영역을 제공하고 고속과 고온에서도 안정한 동작이 가능하도록 하는 것이다. 또 밀착성이 작은 코팅제를 사용가능하게 함으로써, 가격과 성능을 대폭 향상 시킬 수 있도록 하고자 한다.

【발명의 구성】

<14> 본발명은 도2의 일반적인 범프포일 베어링의 형태로써, 도4에 보인것과 같이 탑포일(1), 키(2), 내경범프포일(3), 외경범프포일(4), 범프시트(5), 하우징(6), 키홈(7)의 형태를 가지고 있다.

<15> 축과 탑포일(1) 사이에는 미세한 간극이 존재하며 주변의 공기 또는 기체가 윤활유의 역할을 하게 된다. 탑포일(1)은 축이 회전하는 속도로부터 발생한 공기의 유동이 압력으로 바뀌어 원이 아닌 다른 형태를 띠게 되고 이로부터 지지력이 더욱 커지는 효과가 생긴다. 따라서 범프포일(3,4)의 강성과 탑포일(1)의 두께가 지지력을 결정하는 중요한 요소가 되며, 탑포일(1)을 지지하는 범프의 거동이 지지력과 안정성을 결정하게 된다. 또한 탑포일(1)을 지지하는 범프(3,4)의 특성이 성능을 결정하게 된다. 따라서 본 발명에서는 범프(3,4)와 탑포일(1)의 형태를 바꾸어 성능과 경제성을 높일 수 있도록 한다.

<16> 탑포일(1)에 있어서는 탑포일(1)의 두께를 현재 통상적이라고 알려져 있는 것(직경 60mm 베어링의 경우 0.1t 사용)보다 충분히 두껍게 하여 선반가공 및 내경 연삭이 가능하게 하여 생산성과 정밀도를 향상시키고, 낮은 회전수에서도 베어링의 형태를 유지하게 함으로써 기동 및 정지시에 마찰부하를 줄여 마모를 줄일 수 있도록 하고, 고온에서 비틀림을 줄여 냉각량을 줄일 수 있도록 하였다. 즉, 탑포일(1)의 두께를 $0.1 * \text{축직경} [\text{mm}]^{(1/3)}$ 이상이 되도록 하여 생산성과 성능을 향상시켰다. 또 탑포일의 내경 연삭이 가능하므로 금속성의 건성윤활제를 사용하는 경우 탑

포일의 내경에 플라즈마용사 등의 방법으로 내경에 윤활제를 뿌리고 연삭을 함으로써, 강한부착력을 지닌 건성윤활재를 개발하여 축의 외경에 용사하고 축을 연삭하는 어려움을 회피할 수 있다. 이렇게 탑포일(1)의 두께를 두껍게 하며 성능을 확보하기 위해서는 낮은 하중부터 높은 하중까지 넓은 영역에 걸쳐 특성이 좋은 범프와 함께 사용되어야 한다.

<17> 두꺼운 탑포일(1)과 함께 사용되어질 범프(3,4)는 갯수가 작아도(피치가 커도) 탑포일에 하중이 적절히 분포되어 전달될 수 있는 것을 이용하여, 내경범프(3)는 높은 것과 낮은 것을 번갈아 배치하고 외경범프(4)는 내경범프(3)의 높은 것 아래에만 범프를 배치시켜 결국 2계층을 사용하지만 3단계로 강성의 변화를 줄 수 있도록 한다. 범프가 눌림에 따라 선형적으로 강성이 증가하는 것이 아니라 눌림에 따라 2차 또는 3차 함수로 강성이 증가하는 구조를 가지게 함으로써 넓은 회전수 범위에 있어서 안정성을 가지게 된다.

<18> 내경범프(3)는 높은 범프와 낮은 범프가 번갈아 배치되어 있어 탑포일이 눌림에 따라 2단계로 강성이 증가되며, 탑포일(1)이 더 눌리게 되면 외경범프(4)까지 눌리게 되어 3단계로 강성이 증가된다. 외경범프(4)의 높이는 내경범프(3)의 작은 것과 유사하므로 강성을 증가시키기 위해서는 두께를 증가시키는 방법을 사용하면 된다.

【발명의 효과】

<19> 상기한 바와 같이 범프(3,4)의 강성이 3단계로 변화 되게 함으로써 낮은부하 부터 큰 부하까지 모두 견딜 수 있도록 하고, 강성과 더불어 강성의 3단계 비선형

성으로부터 발생하는 댐핑의 효과로 부터 안정성을 확보 할 수 있어, 위험속도 (Critical Speed)근처에서 동작을 할 수 있다. 내경 범프(3)의 피치가 큰 곳에 외경 범프(4)를 위치하게 하여 조립의 정밀도를 낮추어도 되도록 하고, 하우징(6) 내경에 조립하는 공수를 줄여 생산성을 높였다. 탑포일이 두꺼워 자체의 강성에 의하여 고온에서도 비틀림이 없어 냉각을 적게 하거나 하지 않아도 소재의 한계온도 까지 사용이 가능하여 효율을 높일 수 있는 등 기존의 포일베어링이 기격이 비싸며 양산되지 못하고 고온에 쉽게 적용되지 못하는 등의 단점을 극복하여 산업용 또는 민간용 기계에 적용할 수 있는 길을 열게 된 것이다.

<20> 두꺼운 탑포일을 사용함으로써 생기는 또 하나의 잇점은 탑포일이 그 자체로 써 형태를 유지 하는 힘을 가지고 있음으로 인해서, 탑포일과 범프를 하우징에 직접 용접하지 않아도 된다는 단순함을 제공하는 것이다. 단순히 범프시트(5)에 내경 범프(3) 및 외경 범프(4)를 점용접하여 탑포일(1)과 함께 하우징(6)에 조립하면 되는 것이다. 단지 키(2)를 탑포일(1)에 용접하여 고정하며, 하우징(6)에 키홈(7)을 두어 회전을 방지한다. 결과적으로 하우징(6) 내경에 모든 구성품을 용접하는 어려움을 극복함으로써 생산성을 높일 수 있게 되는 것이다.

<21> 두꺼운 탑포일의 강점은 기동토크가 적게 걸린다는 것이다. 기동시부터 베어링의 형태를 유지하고 있으므로, 마찰이 적어 기동시의 부하가 적게 걸리게 되어 베어링의 수명이 길어지게 되는 강점도 갖게 된다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

다음의 두께를 가지는 탑포일(1);

$$t \geq 0.1 \cdot D^{0.33}$$

t : 두께 [mm]

D : 축직경 [mm]

상기한 탑포일(1)의 절단부분에 용접된 키(2);

폭이 크고 높이가 높은 굴곡과 폭이 작고 높이가 작은 굴곡이 번갈아 있는 내경범프(3);

내경범프의 작은 굴곡보다 높이가 낮으며 안쪽의 높은 굴곡 중앙 위치에 놓이는 외경범프(4);

내경범프(3)와 외경범프(4)를 고정하는 범프시트(5); 및

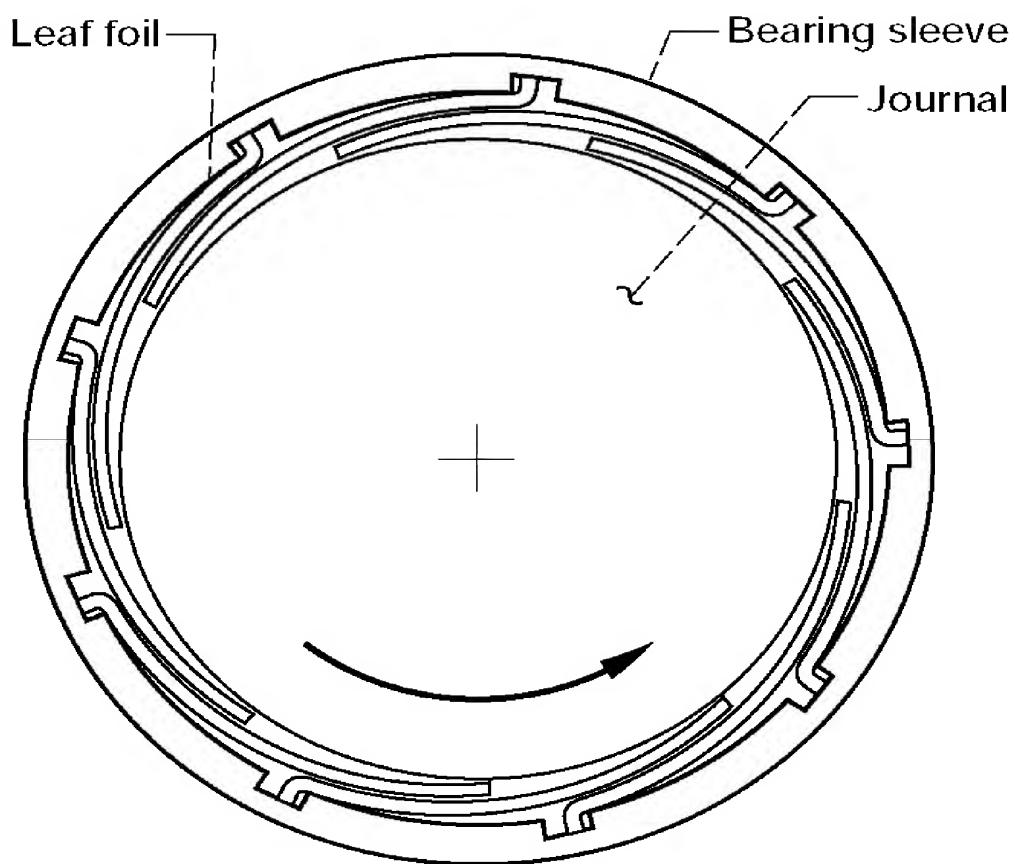
내경에 키홈(7)이 있는 베어링 하우징(6)으로 구성된 래디알 포일베어링

【청구항 2】

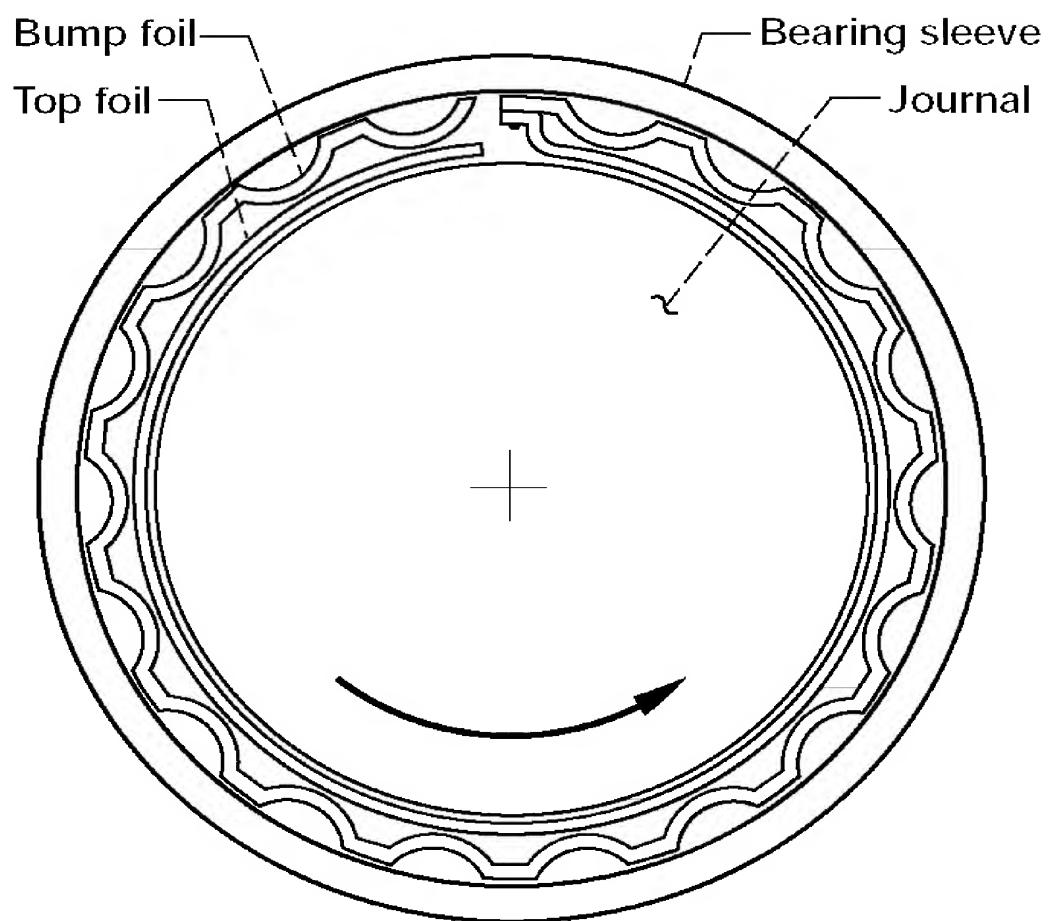
1항의 래디알 포일베어링에 있어서, 상기한 탑포일(1)의 내경에 금속성의 건식윤활코팅 후 연삭함으로써 강한 부착성을 요구하지 않는 건식윤활제를 사용할 수 있는 래디알포일 베어링.

【도면】

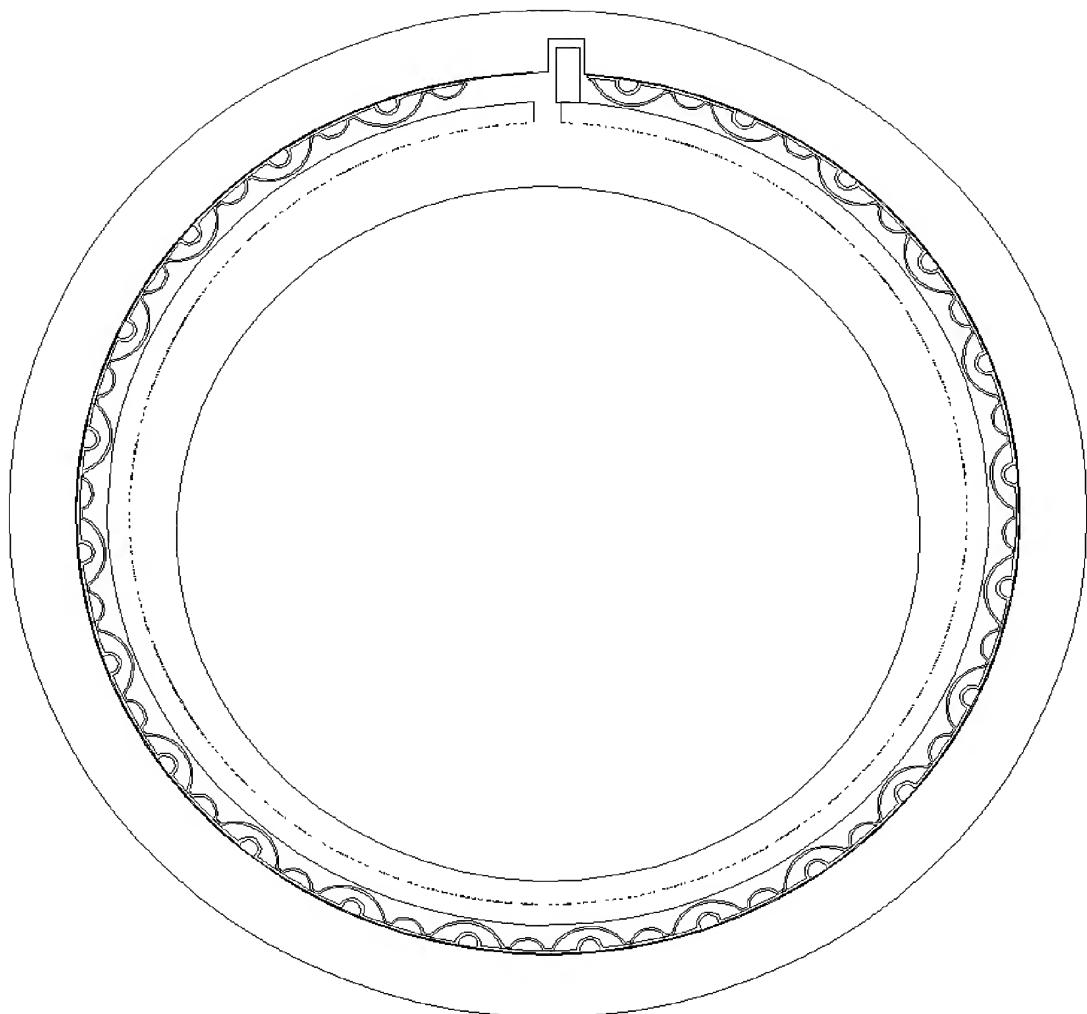
【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】

